

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Bekisting adalah cetakan beton atau sarana pembantu struktur beton untuk mencetak beton sesuai dengan ukuran, bentuk, rupa maupun posisi serta alinemen yang dikehendaki. Untuk itu bekisting harus berfungsi sebagai struktur sementara yang kuat memikul beban sendiri, berat beton basah, beban hidup dan beban peralatan kerja selama proses pengecoran. Perencanaan bekisting harus dapat memenuhi aspek teknologi dan aspek ekonomis, oleh karena itu harus efisien, kuat, kokoh, tidak berubah bentuk, memenuhi persyaratan permukaan, tidak bocor, mudah dipasang dan dibongkar.

R. Sagel, P. Kole, dan Gideon Kusuma (1997 : 41) mengemukakan bahwa kualitas bekisting ikut menentukan bentuk dan rupa konstruksi beton, sehingga harus dibuat dari bahan yang bermutu dan perlu direncanakan sedemikian rupa supaya konstruksi tidak mengalami kerusakan akibat lendutan yang timbul ketika beton di tuang. Menurut **Lucio Canonica (1991 : 139)** bekisting dan perancah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk memberikan bentuk pada sisi samping dan bawah dari konstruksi yang diinginkan, dimana sambungan- sambungan antara papan bekisting tidak boleh bocor, supaya campuran air semen yang akan melicinkan permukaan beton tidak keluar. Oleh karena itu, supaya tercapai bentuk yang direncanakan, acuan harus kaku (perubahan-perubahan bentuk sedikit sekali), dan juga harus stabil supaya tidak terjadi kecelakaan selama pengecoran beton.

F. Wigbout (1992 : 106) mengatakan bahwa dalam perencanaan beban suatu bekisting diperhatikan beberapa faktor, antara lain beban yang ditopang, penggunaan bekisting yang berulang kali, faktor cuaca, keausan perancah akibat hentakan, getaran dan pembebanan yang tidak merata. Ada dua jenis beban yang terjadi pada bekisting, yaitu beban vertikal dan beban horisontal. Beban vertikal merupakan beban bekisting yang ditahan oleh konstruksi penopang, sedang beban

horisontal merupakan beban yang terjadi akibat beban angin dan pelaksanaan yang tidak sesuai rencana.

Edward G Nawy (1997 : 7) ada beberapa faktor yang menjadi pertimbangan untuk mengambil suatu keputusan mengenai metode bekisting yang akan dipakai yaitu :

a. Kondisi struktur yang akan dikerjakan

Hal ini menjadi pertimbangan utama sebab sistem perkuatan bekisting menjadi komponen utama keberhasilan untuk menghasilkan kualitas dimensi struktur seperti yang direncanakan dalam bestek. Metode bekisting yang diterapkan pada bangunan dengan dimensi struktur besar tentu tidak akan efisien bila diterapkan pada dimensi struktur kecil.

b. Luasan bangunan yang akan dipakai

Pekerjaan bekisting merupakan pekerjaan yang materialnya bersifat pakai ulang (memiliki siklus perpindahan material). Oleh Karena itu, luasan bangunan ini menjadi salah satu pertimbangan utama untuk penentuan siklus pemakaian material bekisting. Hal ini juga akan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya pengajuan harga satuan pekerjaan.

c. Ketersediaan material dan alat

Faktor lainnya yang perlu dipertimbangkan adalah kemudahan atau kesulitan untuk memperoleh material atau alat bantu dari sistem bekisting yang akan diterapkan.

Selain faktor-faktor tersebut masih banyak pertimbangan lain termasuk waktu pengerjaan proyek (work-time schedule), harga material, tingkat upah pekerja, sarana transportasi dan lain sebagainya. Setelah melakukan pertimbangan secara matang terhadap faktor-faktor tersebut maka diambilah keputusan mengenai metode bekisting yang akan diterapkan.

Usaha-usaha pengendalian biaya menurut **Iman Soeharto (1995 : 287)** memiliki potensi paling besar untuk menghemat total biaya proyek, yang meliputi :

- Mengingatkan kepada para perancang dan pihak lain yang erat hubungannya dengan kegiatan itu agar selalu terus-menerus memperhatikan aspek biaya bila hendak merancang suatu sistem.
- Menghindari adanya rancangan yang berlebihan (overdesign), baik dari segi kualitas maupun kuantitas.
- Memakai pendekatan berdasarkan prinsip optimasi desain.

F. Wigbout (1992 : 10) menyatakan bahwa untuk dapat menghemat biaya bekisting, dalam taraf perencanaan konstruksi beton sudah harus memenuhi beberapa persyaratan, seperti:

- a. Bentuk yang sederhana dan rata
- b. Ukuran yang sama berturut-turut untuk lantai-lantai, dinding-dinding, kolom-kolom dan balok-balok
- c. Celah (coran) dalam lantai-lantai, pada tempat-tempat yang secara teknis dapat dipertanggungjawabkan.

Sementara menurut **Istimawan Dipohusodo (1992 : 2)**, di dalam merancang bekisting untuk pekerjaan beton harus selalu menggunakan pertimbangan-pertimbangan optimasi biaya yang mana akan melibatkan berbagai faktor biaya, antara lain:

- a. Harga bahan
- b. Upah untuk membuat, memasang dan membongkar
- c. Biaya alat-alat yang digunakan
- d. Kemungkinan pemakaian ulang.

2.2 Dasar Teori

2.2.1. Syarat dan Ketentuan Pekerjaan Bekisting

Untuk memenuhi fungsinya, menurut American Concrete Institute (ACI) dalam bukunya **FORMWORK FOR CONCRETE** menyebutkan bahwa bekisting harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Kuat, dalam hal ini mampu menopang dan mendukung beban-beban yang terjadi baik sebelum ataupun setelah masa pengecoran beton.

- b. Stabil (kokoh), dalam hal ini maksudnya adalah tidak terjadi goyangan dan geseran yang mampu mengubah bentukan struktur ataupun membahayakan system bekisting itu sendiri (ambruk).
- c. Kaku, terutama pada bekisting kontak sehingga dapat mencegah terjadinya perubahan dimensi, bunting atau keropos pada struktur beton.

Perancangan suatu bekisting dimulai membuat konsep system yang akan digunakan untuk membuat cetakan dan ukuran dari beton segar hingga dapat menanggung berat sendiri dan beban-beban sementara yang terjadi. Syarat-syarat yang harus dipenuhi yaitu :

1. Kekuatan

Bekisting harus dapat menahan tekanan beton dan berat dari pekerja dan peralatan kerja pada penempatan dan pemadatan.

2. Kekakuan

Lendutan yang terjadi tidak boleh melebihi 0,3% dari dimensi permukaan beton. perawatan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa lendutan kumulatif dari bekisting lebih kecil dari toleransi struktur beton.

3. Ekonomis

Bekisting harus sederhana dan ukuran komponen serta pemilihan material harus ditinjau dari segi pembiayaan.

4. Mudah diperkuat dan dibongkar tanpa merusak beton atau bekisting

Metode dan cara bongkar serta pemindahan bekisting harus dicermati dan dipelajari sebagai bagian dari perencanaan bekisting, terutama metode pemasangan dan leveling elevasi.

2.2.2. Jenis dan Tipe Bekisting

Pada umumnya bekisting secara garis besar dibagi menjadi 3 tipe yaitu :

1. Bekisting tradisional

Yang dimaksud dengan bekisting tradisional adalah bekisting yang setiap kali setelah dilepas dan dibongkar menjadi bagian-bagian dasar, dapat disusun kembali menjadi sebuah bentuk lain. Penggunaannya masih banyak ditemukan di bangunan, dimana kayu papan dan kayu balok dikerjakan di tempat oleh

orang-orang ahli. Digunakan hanya beberapa kali saja, untuk bentuk-bentuk yang rumit harus banyak diadakan penggantian.

2. Bekisting setengah sistem

Yang dimaksud dengan bekisting setengah sistem adalah satuan-satuan bekisting yang lebih besar, yang direncanakan untuk sebuah obyek tertentu. Untuk ini mereka pada prinsipnya digunakan untuk berulang kali dalam bentuk tidak diubah. Penggunaannya dirancang untuk satu proyek, yang ukuran-ukurannya disesuaikan pada bentuk beton bersangkutan. Biasanya bekisting setengah sistem terdiri dari elemen-elemen yang lebih besar, yang dibuat oleh pihak pemborong atau dilever oleh pengusaha pabrik. Persyaratan untuk digunakannya bekisting setengah sistem adalah adanya kemungkinan yang cukup bagi pengulangan dalam pekerjaan.

3. Bekisting sistem

Yang dimaksud dengan bekisting sistem adalah elemen-elemen bekisting yang dibuat dipabrik, sebagian besar komponen-komponen yang terbuat dari baja. Bekisting sistem dimaksudkan untuk penggunaan berulang kali. Ini berarti bahwa tipe bekisting ini dapat digunakan untuk sejumlah pekerjaan. Bekisting sistem dapat pula disewa dari penyalur alat-alat bekisting. Contoh : bekisting untuk panel terowongan, bekisting untuk beton pre-cast.

2.2.3. Pembiayaan Bekisting

Edward G Nawy (1997 : 1) biaya bekisting biasanya berkisar antara 35 sampai 60% atau lebih daripada keseluruhan biaya konstruksi struktur beton. Menyadari pengaruh harga pekerjaan bekisting terhadap biaya keseluruhan, adalah kritis bagi engineer struktur untuk memfasilitasi ekonomi bagi bekisting, tidak hanya ekonomis bagi material beton. ada beberapa pertimbangan yang dijadikan acuan dalam penentuan konstruksi bekisting yang ekonomis :

- Biaya dan kemungkinan terhadap penyesuaian material yang telah ada dibandingkan dengan membeli atau menyewa material yang baru.

- Biaya dari tingkat kualitas material yang lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat yang rendah plus keahlian pekerja yang lebih baik dalam peningkatan kualitas dan kegunaan.
- Pemilihan terhadap material yang lebih mahal sehingga dapat menghasilkan daya tahan dan kapasitas penggunaan dibandingkan dengan material yang lebih murah dengan tingkat penggunaan yang lebih pendek.
- Penyetelan di lokasi dibandingkan dengan penyetelan di toko atau pabrik; hal ini tergantung dari kondisi serta lahan yang tersedia, ukuran besar kecilnya proyek, jarak tempat penyetelan, dan lain sebagainya.

James M Antil, Paul W.S Ryan (1982 : 213) penggunaan yang berulang dari bekisting ditujukan untuk mencapai nilai ekonomis maksimum dari material. Panel-panel bekisting sebaiknya dirancang agar mudah dipasang, dibongkar dan diperkuat sehingga keuntungan maksimum dapat diperoleh tanpa mengeluarkan banyak biaya perbaikan.

Pekerjaan yang paling sulit sehubungan dengan bekisting adalah mengestimasi biaya bekisting tersebut. Para estimator harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi dan berkaitan dalam menghitung pembiayaan pekerjaan dan mencapai suatu efisiensi. Faktor-faktor tersebut yaitu :

1. Jenis metode yang dipakai; hal ini berhubungan dengan pemilihan jenis material, alat bantu dan penyangga perkuatan yang akan dipakai serta jenis pengadaannya (beli atau sewa)
2. Pemilihan tenaga kerja; keterampilan dan harga upah menjadi pertimbangan.
3. Metode pabrikasi, pemasangan, perkuatan, pembongkaran dan pemindahan.

Edward G Nawy (1997 : 3) Estimasi biaya konstruksi dari pekerjaan bekisting dapat diperoleh dengan menjumlahkan kuantitas material kayu yang diperlukan untuk menghasilkan 1 m² area kontak, disamping memperhitungkan pula sisa potongan material, kemudian dikalikan dengan harga satuan kayu tersebut.

Estimasi dalam pelaksanaan konstruksi bekisting harus memperhitungkan pula waktu kerja untuk mendirikan dan membongkar bekisting tiap siklus. Dalam perhitungan waktu tersebut, kontraktor harus memperhitungkan pula tundaan

akibat cuaca, permasalahan alat disamping proses pembersihan bekisting dan pekerjaan pendukung lainnya.

1. Biaya Material untuk Bekisting Konvensional

F. Wigbout (1997 : 234) biaya material untuk bekisting konvensional dapat diketahui dengan bantuan nilai-nilai pengalaman terhadap penurunan nilai yang terjadi pada setiap pemakaian. Penurunan nilai ini bersifat kualitatif dan kuantitatif. Tergantung dari bentuk beton yang akan dibuat dan dari seringnya penggunaan ulang yang diharapkan, sering kali dilakukan perhitungan dengan :

- Kayu balok dapat digunakan 6 hingga 12 kali
- Kayu papan dapat digunakan 3 hingga 5 kali

Sebuah bekisting konvensional dengan balok-balok, yang disusun dari kayu balok dan kayu papan, ditopang oleh stempel-stempel baja, mempunyai sekitar 80 mm ketebalan kayu, berikut penjepit, pengokoh, dan sekrup. Dalam hal ini semua bagian dihitung balik dalam ketebalan mm per m². Sekitar 35 mm adalah kayu papan dan 45 mm kayu balok.

2. Biaya Material untuk Bekisting Setengah Sistem

Bekisting setengah sistem banyak digunakan untuk bekisting lantai yang dipakai berulang kali dalam bentuk sebuah bekisting meja dari misalnya 20 hingga 40 m²/meja dan untuk bekisting dinding yang dipakai berulang kali dari misalnya 15 hingga 35 m²/dinding. Dalam hal ini konstruksi penopang dari baja dapat disewa.

2.2.4. Perbandingan Biaya Material dari Ketiga Tipe Bekisting

Laju biaya untuk bekisting konvensional, bekisting setengah sistem dan bekisting sistem, dalam hubungan terhadap satuan-satuan yang akan dilaksanakan pada sebuah proyek, saling berbeda satu dari yang lain.

Untuk bekisting konvensional, biaya yang tercakup adalah :

- Biaya angkutan untuk bagian-bagian yang tahan lama (stempel-stempel baja)
- Penghapusan kayu
- Tepi-tepi lantai

- Penyewaan stempel-stempel baja.

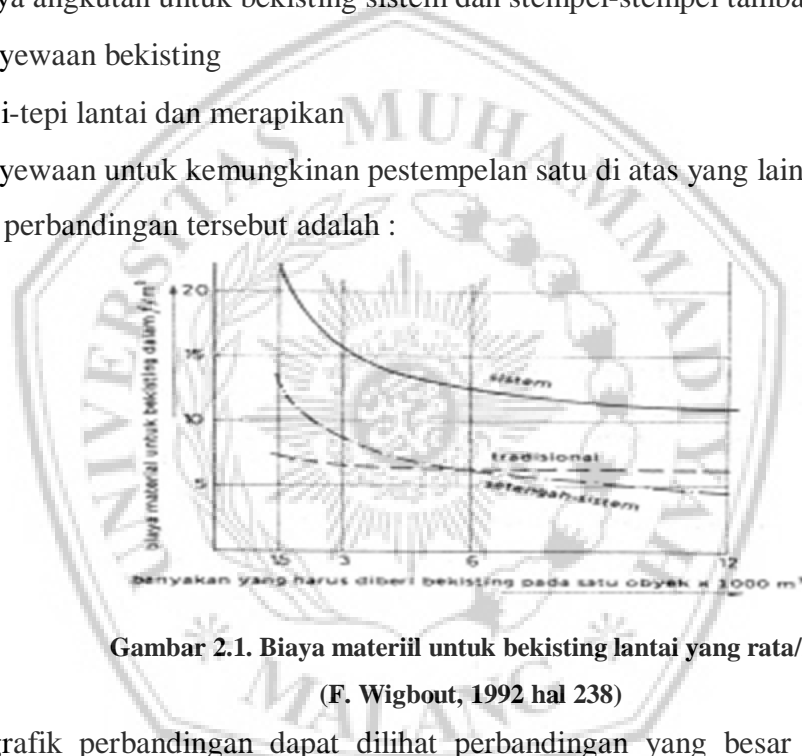
Untuk bekisting setengah sistem, biaya yang tercakup adalah :

- Biaya angkutan untuk bagian-bagian yang tahan lama
- Penghapusan kayu
- Tepi-tepi lantai
- Penyewaan kaki-kaki meja dan stempel-stempel.

Untuk bekisting sistem, biaya yang tercakup adalah :

- Biaya angkutan untuk bekisting sistem dan stempel-stempel tambahan
- Penyewaan bekisting
- Tepi-tepi lantai dan merapikan
- Penyewaan untuk kemungkinan pestempelan satu di atas yang lain.

Grafik perbandingan tersebut adalah :



Gambar 2.1. Biaya materiil untuk bekisting lantai yang rata/m²

(F. Wigbout, 1992 hal 238)

Dari grafik perbandingan dapat dilihat perbandingan yang besar dalam biaya material untuk berbagai bekisting tergantung dari metode dan jumlah kali pemakaian yang harus diberlakukan pada suatu pekerjaan yang dilakukan berulang kali. Untuk pekerjaan struktur yang sederhana, dengan bentuk struktur relatif sama (tipikal), maka dapat diambil acuan sebagai berikut :

- Jika banyaknya kurang dari 6000 m², yang paling ekonomis adalah metode konvensional.
- Jika banyaknya lebih besar dari 6000 m², metode yang paling ekonomis adalah metode setengah sistem
- Bekisting sistem akan selalu merupakan metode yang paling mahal.

2.2.5. Biaya Langsung untuk Bekisting

Biaya langsung untuk bekisting terdiri dari :

- Biaya material
- Ongkos kerja
- Biaya perencanaan.

Biaya langsung berada di bawah pengaruh dari jangka waktu pelaksanaan. Pada saat jangka waktu yang lebih panjang, nilai sewa dan meterial akan meningkat berbanding lurus dengan jangka waktu pembangunan. Terutama akan berpengaruh terhadap biaya untuk bekisting sistem dan setengah sistem. Karena metode tersebut memerlukan modal yang cukup besar. Hal ini mengakibatkan perlunya persyaratan tinggi dari perencanaan dan pengendalian proses produksi.

2.3 Material Penyusun Bekisting

Meterial yang umumnya digunakan dalam pekerjaan bekisting konvensional adalah sebagai berikut :

2.3.1 Kayu

Penggunaan kayu sebagai material bekisting diatur ketentuan dan ketentuan dan persyaratanya dalam Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI). Dalam peraturan PPKI ini jenis-jenis kayu diklasifikasikan berdasarkan berat jenis, kekuatan tekan mutlaknya menjadi 5 (lima) kelas.

Tabel 2.1. Klasifikasi kayu di Indonesia

No	Kelas kuat	Berat jenis kering udara (gr/cm ³)	Kuat lentur mutlak (kg/cm ²)	Kuat tekan mutlak (kg/cm ²)
1	I	> 0,9	> 1100	> 650
2	II	0,90 – 0,60	1100 – 725	650 – 425
3	III	0,60 – 0,40	725 – 500	425 – 300
4	IV	0,40 – 0,30	500 - 360	300 - 215
5	V	< 0,30	< 360	< 215

Sumber : PPKI Tahun 1961

Material kayu memiliki sifat-sifat menguntungkan dalam fungsinya sebagai bagian dari konstruksi yaitu :

- Kekuatan yang besar pada suatu massa volumik yang kecil
- Harga yang relatif murah dan dapat diperoleh dengan mudah
- Mudah dikerjakan dan alat sambungnya sederhana
- Isolasi termis yang sangat baik
- Dapat dengan baik menerima tumbukan-tumbukan dan getaran-getaran serta penanganan yang kasar di tempat pendirian sebuah bangunan.

Sebagai dasar perhitungan kekuatan kayu dalam analisa perencanaan bekisting ini yang ditinjau adalah properti tegangan-teganagan ijin serta modulus elastisitas dari material kayu yang akan digunakan tersebut.

Tabel 2.2. Nilai-nilai tegangan ijin kayu dan modulus elastisitasnya

No	Jenis tegangan (kg/cm ²)	Kelas kuat kayu				
		I	II	III	IV	V
1	Tegangan lentur sejajar serat ($\sigma_{lt//}$)	150	100	75	50	-
2	Tegangan tekan = Tarik sejajar serat ($\sigma_{tk//} = \sigma_{lt//}$)	130	85	60	45	-
3	Tegangan tekan tegak lurus serat ($\sigma_{tk\perp}$)	40	25	15	10	-
4	Tegangan geser sejajar serat ($\tau_{//}$)	20	12	8	5	-
5	Modulus Elastisitas (E)	125000	100000	80000	60000	-

Sumber : PPKI tahun 1961

2.3.2 Multiplek

Triplek terdiri sejumlah lapisan kayu finer yang direkatkan bersilang satu di atas yang lain. Pada umumnya lapisan-lapisan finer dikupas dari sebatang kayu bulat; finer yang ditusuk akan memperhatikan retakan-retakan kecil di permukaannya. Ketebalan satu lapisan finer berkisar antara 1,5 – 2,5 hingga 3 mm. setiap lapis finer dari satu plat tidak harus sama tebal dan dari jenis kayu yang sama.

Dalam penggunaannya sebagai material kontak, lapisan terluar daripada triplek ini harus terbuat dari kualitas kayu yang lebih baik daripada lapisan yang ada didalamnya dan yang paling utama adalah tahan lama serta tahan aus.

2.3.3 Material Penopang (Perancah) dan Pemikul

Tuntutan-tuntutan terpenting yang diharapkan dari suatu penompang dalam suatu konstruksi bekisting adalah :

1. Dengan bobot yang ringan harus dapat dan mampu untuk memindahkan beban-beban yang relatif berat
2. Tahan terhadap penggunaan yang berlangsung kasar
3. Pemasangan dan penyetelan dengan cara yang sederhana
4. Sedikit mungkin komponen-komponen lepas
5. Mudah dikontrol
6. Dapat dipakai berulang-ulang

Penopang dapat dibagi dalam beberapa kelompok utama, antara lain yaitu :

1. Stempel kayu (penopang dari kayu)

Stempel dari kayu gergajian, kayu bulat dan kayu yang diberi kekuatan, sudah digunakan sejak dahulu sebagai alat penopang pada bekisting. Tetapi dalam tahun-tahun terakhir ini penggunaannya semakin berkurang. Karena muncul berbagai macam material yang tidak memerlukan terlampaui banyak penanganan namun dengan kemungkinan penyetelan yang sangat luas.

2. Stempel baja

Pada beban-beban yang lebih besar, stempel baja tetap menarik untuk dijadikan pilihan sebagai penompang. Sekalipun harganya relatif mahal. Sebaliknya material untuk stempel ini digunakan dalam bentuk profil. Dikombinasikan dengan penyangga dan balok-balok atas dari baja maka terbentuklah pemikul.

3. Steger pipa dari baja

Komponen-komponen untuk membuat sebuah steger pipa baja terdiri dari bagian yang ringan dengan bantuan perangkai-perangkai dapat dihubungkan satu sama lain dengan cara sederhana. Profil baja yang diperlukan adalah pipa yang dilas tumpul dengan garis tengah sebesar 48,3 mm, ketebalannya 3,6 kg/m. Pipa steger dapat diperoleh dalam ukuran panjang 1-1.5, 2, 3, 4, dan 6 m. Dengan beban yang diijinkan untuk satu tiang bervariasi antara 5 sampai 40 kN. Meskipun pendirian sebuah penopang dari steger pipa memerlukan banyak pengerjaan, namun material ini bisa sangat menarik untuk sebuah bekisting. Karena dengan steger pipa dapat disusun konstruksi-konstruksi yang paling rumit sekalipun.

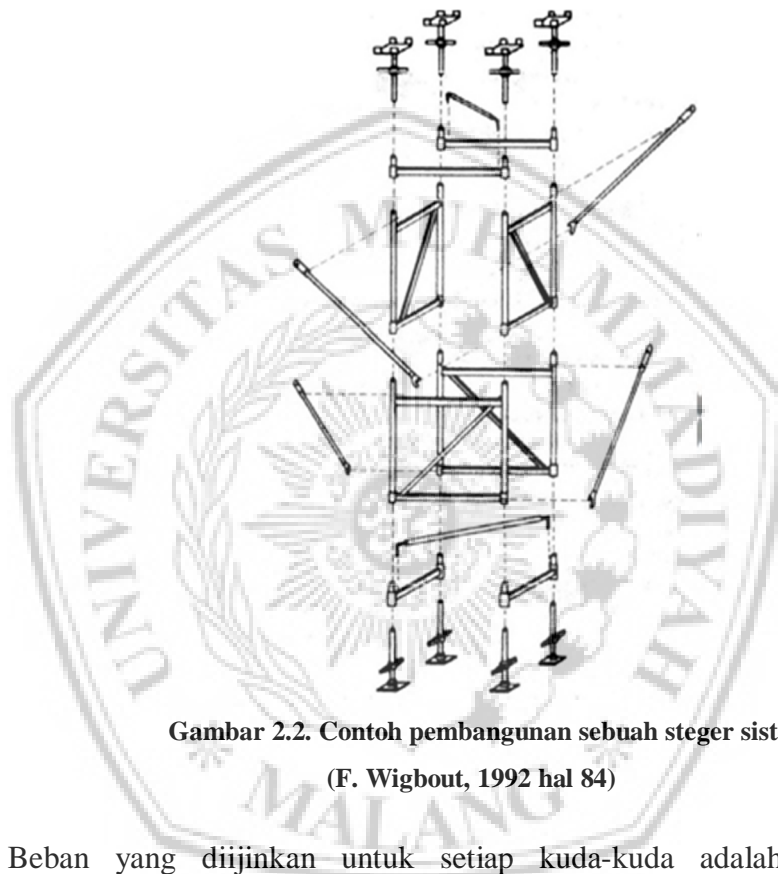
4. Steger sistem dari baja

Dibandingkan dengan steger pipa dari baja, steger sistem ini mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- Tidak begitu banyak memerlukan pengerjaan.
- Tidak memerlukan tenaga ahli.
- Komponennya lebih sedikit.

- Menara-menara yang dibangun sudah mempunyai stabilitas sendiri.

Steger-steger sistem dapat dirangkai dalam arah ketinggiannya, sedangkan pembangunannya dapat dilaksanakan dengan cepat. Steger-steger sistem dibangun melalui penumpukan sebuah kuda-kuda dengan menggunakan 2 tiang atau sebuah menara dengan menggunakan 3 atau 4 tiang.



Gambar 2.2. Contoh pembangunan sebuah steger sistem
(F. Wigbout, 1992 hal 84)

Beban yang diijinkan untuk setiap kuda-kuda adalah 50-100 kN. Tergantung dari sistem yang digunakan dan pemendekan tekukan. Sedangkan beban yang diijinkan untuk menara adalah 160-200 kN. Menara-menara dirangkai membentuk penampang segitiga, segiempat, atau persegi panjang. Untuk sambungan kuda-kuda dan menara digunakan alat-alat sambung sistem khusus sehingga dapat menghemat waktu pemasangannya.

5. Stempel Sekrup

Digunakan untuk beban-beban yang agak ringan, daya dukungnya adalah 5-20 kN. Sisi bawah dari stempel sekrup ini dilengkapi dengan sebuah pelat kaki beserta lubang-lubang untuk paku. Bagian atasnya dilengkapi oleh

sebuah garpu yang dapat menyangga satu atau dua buah balok. Adapula stempel-stempel khusus yang dilengkapi dengan pelat-pelat kaki dan pelat puncak yang dapat berputar, dan dapat menahan gaya tarik maupun tekan.

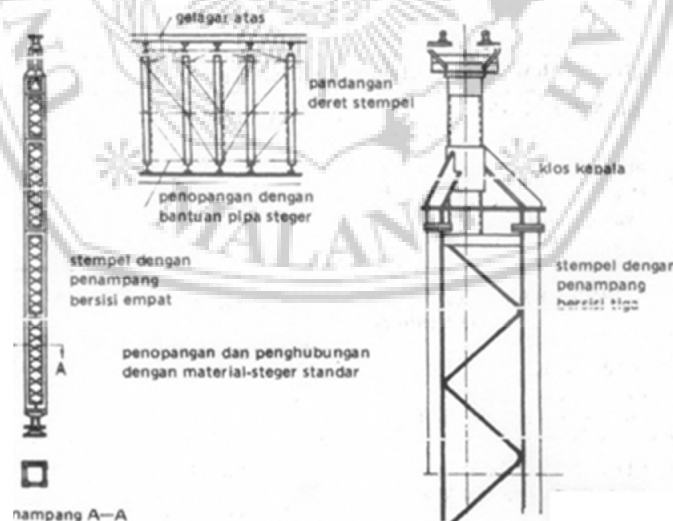


Gambar 2.3. Stempel sekur yang dapat disetel

(F. Wigbout, 1992 hal 86)

6. Stempel Konstruksi

Digunakan pada beban-beban yang sangat berat. Stempel konstruksi terdiri dari beberapa elemen standar yang panjangnya berbeda-beda, yang dirangkaikan satu sama lain dengan pasak atau baut. Pengaturan ketinggian dilakukan oleh kepala dan kaki yang dapat diatur. Daya dukung yang dimiliki oleh jenis stempel ini bervariasi, yaitu antara 140-350 kN.



Gambar 2.4. Berbagai tipe stempel konstruksi

(F. Wigbout, 1992 hal 87)

Material pemikul digunakan untuk menahan beban horisontal seperti rantai dan balok, dan untuk bidang vertikal seperti dinding. Dimana pemikul-pemikul ini

terbentuk dari komponen yang ringan dan dapat dirangkai, dipasang, dan dilepas dengan mudah. Berdasarkan konstruksinya, pemikul bekisting dibagi menjadi 2 (dua) yaitu :

- a. Pemikul yang dapat digeser terdiri dari satuan-satuan yang berukuran pendek dan ringan, terbuat dari bahan baja atau kayu, biasanya berbentuk kisi atau rangka. Pemikul kayu dengan bentuk 4,35 m, dengan bantuan pengikat-pengikat dari baja dan pasak-pasak kayu. Bobot dari satu pemikul adalah 7 (tujuh) sampai 9 (sembilan) kg/m.
- b. Pemikul tersusun
 Dengan menambahkan batang-batang tarik pada bentuk kuda-kuda yang dipilih, pemikul-pemikul ini dapat menyerap beban yang cukup besar, dengan momen yang diijinkan adalah antara 60-1500 kNm. Jenis pemikul ini terdiri dari beberapa elemen standar yang berbentuk rangka yang dapat disusun dengan berbagai kepanjangan dan daya pikul.

2.4 Perhitungan Perkuatan Pemikul Bekisting dan Perancah

Perhitungan beban yang diterima bekisting meliputi :

1. Beban beton bertulang

Didalam penggunaan yang umum di Indonesia. dalam hal ini sesuai dengan peraturan yang berlaku, berat beton bertulang 2,4 ton/m³.
(PPIUG, 1983 : 11)

2. Beban oleh bekisting

Beban ini merupakan berat sendiri dari bekisting yang terdiri dari multiplex sebagai bekisting kontak sebesar berat jenis dikalikan dengan luas penampang, perhitungan sama untuk kayu-kayu sebagai balok anak dan balok melintang serta perancah. Dalam praktek dianggap (untuk perhitungan) bahwa pada awal beton dituang pembebanan sering hanya terjadi di satu lapangan. **(R.Segel, dkk, 1994 : 54)**

3. Beban kerja

Beban kerja meliputi beban pekerja dan beban peralatan serta alat angkut beton. Beban kerja, umumnya diberlakukan suatu muatan merata sebesar 150 kg/m². **(F.Wigbout Ing., 1992 : 108)**

Untuk menghitung kekuatan perancah dan bekisting menggunakan rumus :

2.4.1 Rumus Kekuatan

Rumus kekuatan ini menggunakan prinsip pertidaksamaan :

$$\frac{M}{W} \leq \overline{\sigma}_{lt}$$

(2.1)

Dimana : M = momen akibat beban bekisting kontak (kgm)

W = momen perlawanan (m³)

$\overline{\sigma}_{lt}$ = tegangan lentur ijin kayu (kg/m²). **(F.Wigbout Ing., 1992 : 142)**

Harga M diatas dua perletakan adalah :

$$M = \frac{1}{8} q L^2$$

(2.2)

Dimana : M = momen akibat beban beban bekisting kontak (kgm)

q = beban total dari bekisting kontak tiap meter (kg/m)

L = jarak antar balok anak (m). **(R.Segel, dkk, 1994 : 56)**

Untuk mendapatkan W digunakan persamaan :

$$W = \frac{1}{6} b h^2$$

(2.3)

Dimana : W = momen perlawanan (m³)

b = panjang papan bekisting kontak per meter (m)

h = tebal papan bekisting kontak (m). **(R.Segel, dkk, 1994 : 56)**

Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961 menerangkan bahwa nilai σ_{lt} diperoleh dari tabel PKKI 1961 halaman 6. Menurut PKKI 1961, harga tegangan ijin dalam daftar PKKI 1961 adalah untuk pembebanan pada konstruksi

yang bersifat tetap dan permanen serta untuk konstruksi yang terlindung, sehingga harga tegangan ijin tersebut masih harus dikalikan dengan faktor reduksi :

- Untuk konstruksi tidak terlindung $\beta = 5/6$
- Untuk pembebanan yang bersifat sementara $\gamma = 5/4$

Dari pertidaksamaan (2.1) dan persamaan (2.2), akan didapatkan jarak antar balok anak yaitu dengan pertidaksamaan :

$$\frac{\frac{1}{8}qL^2}{W} \leq \overline{\sigma}_{lt}$$

(2.4)

$$L \leq \sqrt{\left(\frac{8 \times \sigma_{lt} \times W}{q}\right)}$$

(2.5)

Dimana : W = momen perlawanan (m^3)

L = jarak antar balok anak (m)

q = beban total dari bekisting kontak tiap meter (kg/m)

$\overline{\sigma}_{lt}$ = tegangan lentur ijin kayu (kg/m^2)

2.4.2 Rumus Kekakuan (lendutan)

Setiap persyaratan teknis pekerjaan struktur beton selalu membatasi lendutan dari bagian-bagian struktur bekisting dengan maksud melindungi beton yang dicetak dari pengaruh pergerakan-pergerakan yang berlebihan. Untuk menghasilkan struktur yang lebih kaku, lendutan yang terjadi tidak boleh lebih dari $L/400$. (R.Segel, dkk, 1994 : 57)

Lendutan yang terjadi di atas tiga tumpuan atau lebih dapat dihitung dengan persamaan :

$$\delta = \frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I}$$

(2.5)

Dimana : δ = lendutan yang terjadi (m)

q = beban total dari bekisting kontak tiap meter (kg/m)

L = jarak antar balok anak (m)

E = modulus elastisitas kayu (kg/m²)

I = momen inersia kayu (m⁴)

Tabel 2.3. Rumus Dasar Perhitungan Perkuatan Bekisting

Kontrol Hitungan	Balok 2 Tumpuan	Balok Menerus	Balok Kantilever
Momen	$M = \frac{1}{8} qL^2$	$M = \frac{1}{10} qL^2$	$M = \frac{1}{2} qL^2$
Tegangan Lentur	$\alpha = \frac{M}{W}$	$\alpha = \frac{M}{W}$	$\alpha = \frac{M}{W}$
Lendutan	$\delta = \frac{5}{384} q x \frac{L^4}{E x I}$	$\delta = \frac{1}{145} q x \frac{L^4}{E x I}$	$\delta = \frac{1}{8} q x \frac{L^4}{E x I}$

